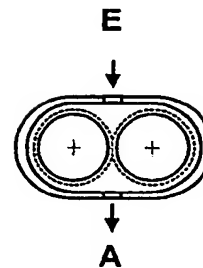
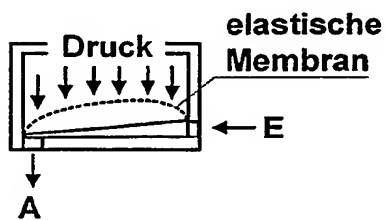


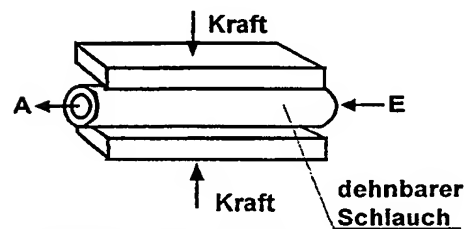
Zylinder mit Schnecke als Förderelement



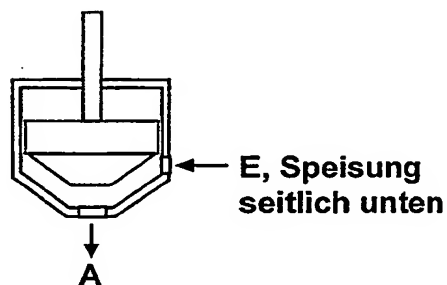
Schmelzepumpe mit Kompensationsvolumen



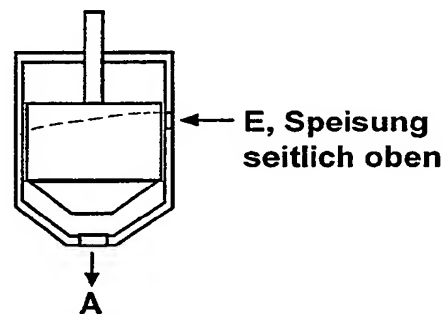
Blasenspeicher



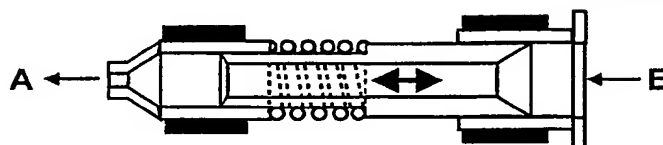
Schlauch mit Quetschvorrichtung



Zylinder mit Kolben



Zylinder mit Kolben und Schmelzeverteiler



Ringkolbenspeicher

Figure 6

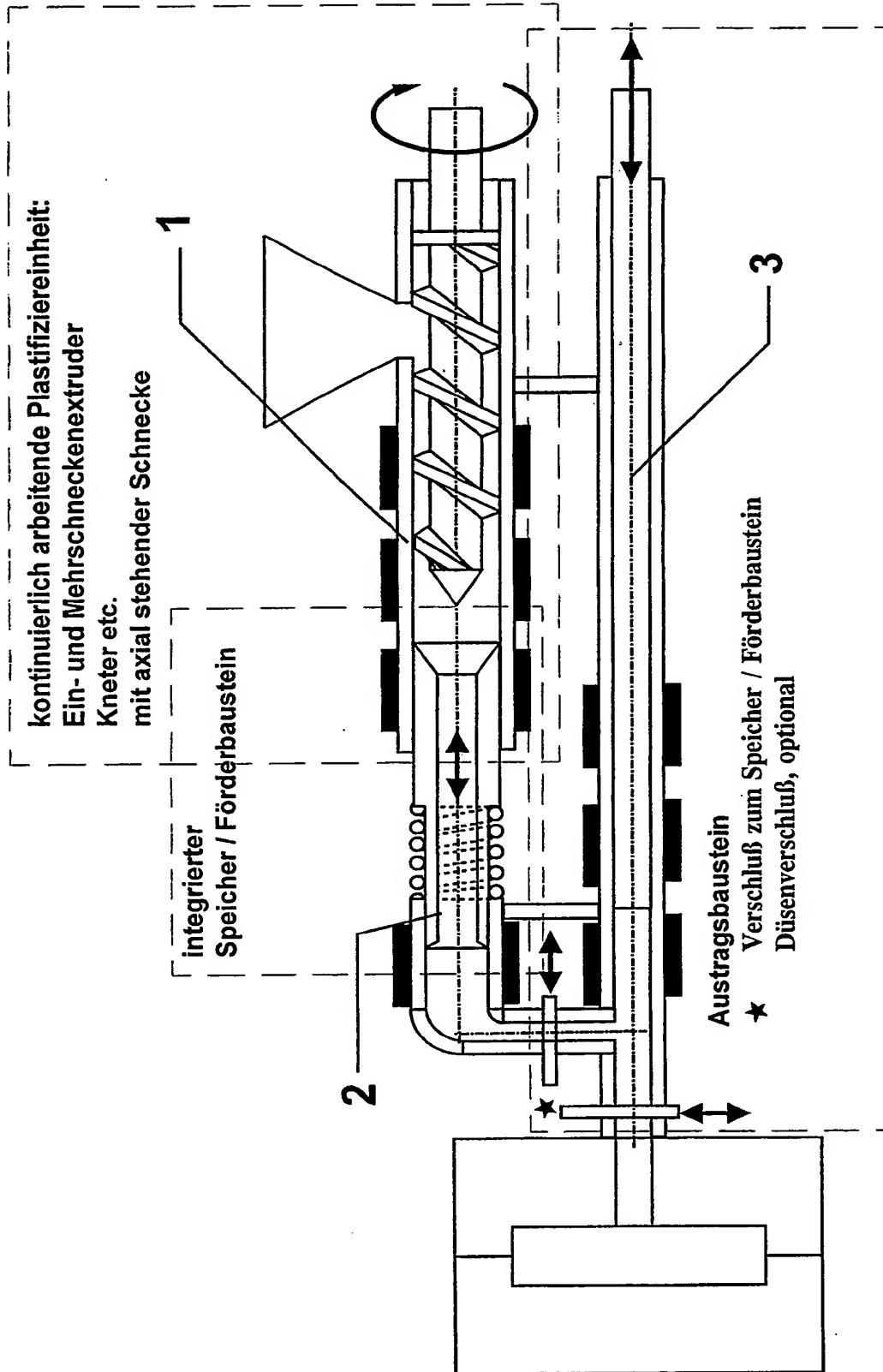


Figure 5

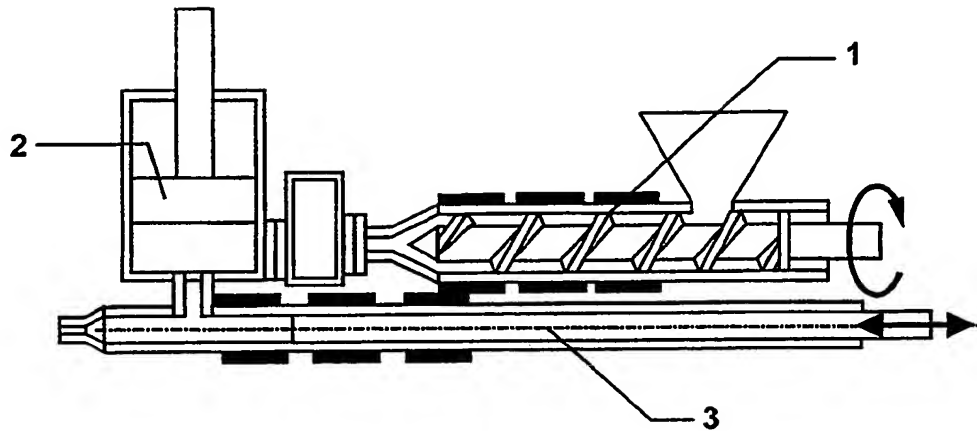


Figure 3

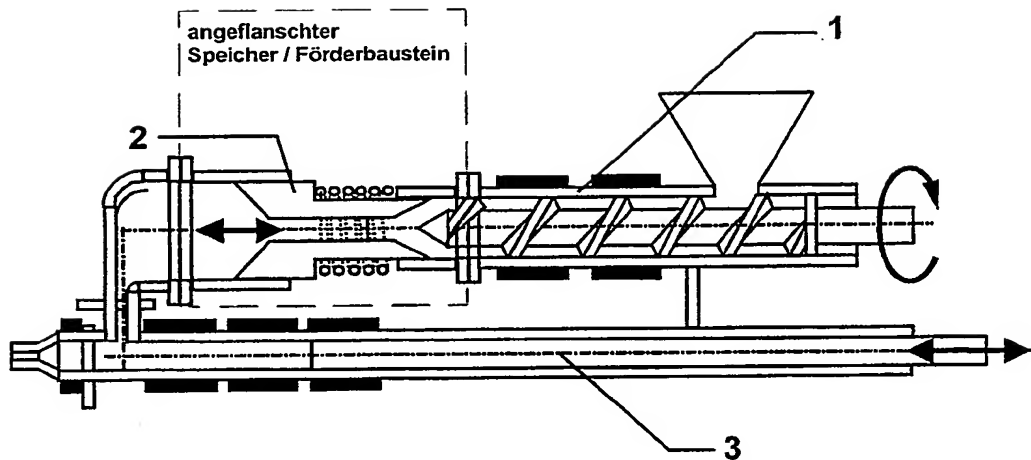


Figure 4

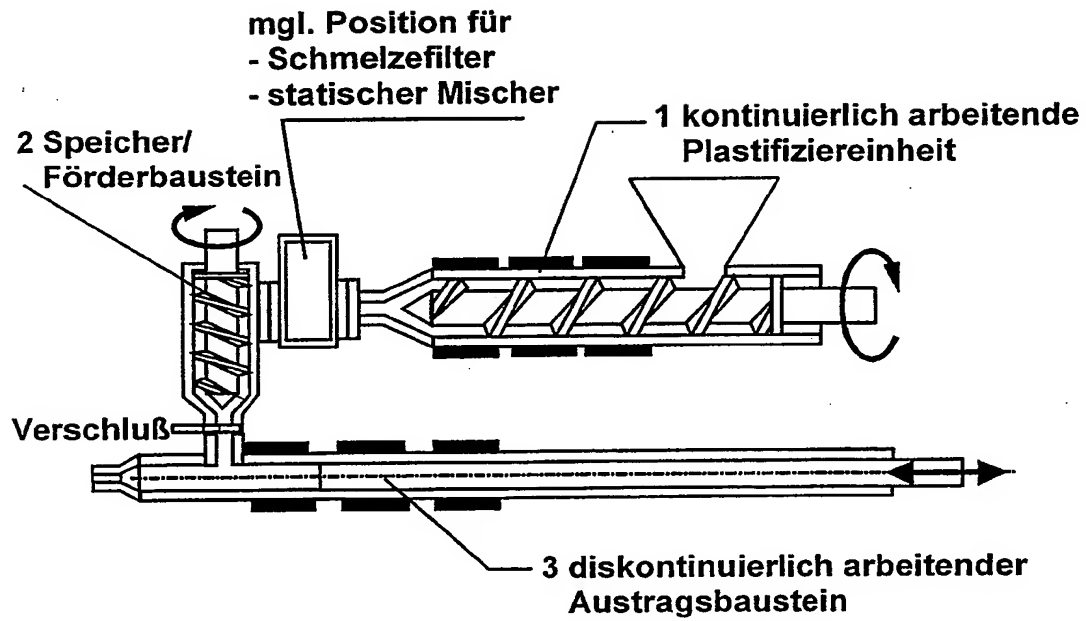


Figure 1

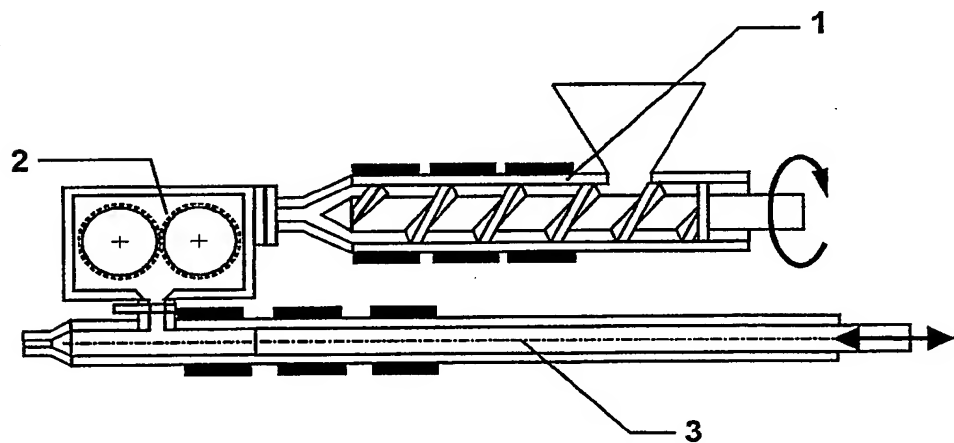


Figure 2

- Leerseite -

()

()

im Vergleich zum Pumpen- oder Schneckendurchmesser der Schmelzeinheit ist.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch zwischenzeitliches Ausschalten der Plastifizier- oder Schmelzeinheit bei Überschreiten eines zulässigen Druckwertes im Speicher-/Förderelement. 5

24. Verfahren nach Anspruch 2 oder 4, gekennzeichnet durch Variieren der Druckverhältnisse bei dem Plastifizieren oder Aufschmelzen durch eine Steuerung/Regelung der Schmelzleistung. 10

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 23 oder 24, gekennzeichnet durch Variieren der Druckverhältnisse im Speicher-/Förderelement über eine steuerbare Gegenkraft. 15

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

genutzt werden, um für die am Markt vorhandene elektromechanische Antriebs- und Getriebetechnik günstigere Randbedingungen zu erzielen.

Durch eine nun mögliche Reduktion des Querschnitts des Einspritzkolbens bei gleichzeitiger Anhebung des Hubes können die Kräfte derart reduziert werden, daß der Einsatz von Direktantrieben in Form von Linearmotoren bei kleineren Maschinen möglich wird, die Kräfte über Zahnstangen übertragen werden können, oder das Getriebe durch ein Seilzugsystem mit Ausnutzung eines Flaschenzugs verwendet werden kann. Dies hat zudem weitreichende Konsequenzen für die verwendeten elektrischen Antriebe. Diese sind im Gegensatz zu hydraulischen Antrieben in der Lage sehr große Geschwindigkeiten (hohe Drehzahlen) zu erreichen, sie sind jedoch auch bei vergleichbaren Preisen und Baugrößen nicht in der Lage ähnlich hohe Kräfte bzw. Drehmomente zu realisieren. Neben diesen neuen Möglichkeiten kann aber auch ein konventioneller hydraulischer Antrieb für den Einspritzvorgang Verwendung finden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur diskontinuierlichen Formteilherstellung mit den Schritten Aufschmelzen oder Plastifizieren eines Materials, wie eines Kunststoffes, einer Kunststoffmischung, Metallegierung und dergleichen, in einer Schmelz- oder Plastifiziereinheit und Austragen des aufgeschmolzenen oder plastifizierten Materials, insbesondere in ein Werkzeug mit Kavität hinein, **gekennzeichnet durch** den Schritt des Zwischenspeicherns des aufgeschmolzenen Materials, insbesondere in einem zwischengeschalteten Speicher-/Fördermittel, zum vollständigen Entkoppeln der Schritte des Aufschmelzens oder des Plastifizierens und des Austragens.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Schritt Regeln des Drucks während des Füll-/Entladevorgangs des Speicher-/Fördermittels.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch den Schritt eines variablen Anpassen des Speichervolumens des Speicher-/Fördermittels, wenigstens an das zum Austragen erforderliche Mindestvolumen an aufgeschmolzenem Material.
4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch den Schritt des Regelns der Plastifizier- oder Schmelzleistung einer Plastifizier- oder Schmelzeinheit zum Plastifizieren oder Aufschmelzen nach Regelkriterien mit kleinen Schritten und langen Zeiträumen.
5. Vorrichtung zur diskontinuierlichen Formteilherstellung, insbesondere bei der Kunststoffverarbeitung, mit einer Plastifizier- oder Schmelzeinheit zum Plastifizieren oder Aufschmelzen von Material wie eines Kunststoffes, einer Kunststoffmischung, Metallegierung und dergleichen und mit einer Austrageeinheit zum Austragen des aufgeschmolzenen Materials, insbesondere in ein Werkzeug mit Kavität hinein, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Plastifizier- oder Schmelzeinheit und der Austrageeinheit eine Zwischenspeichereinheit, insbesondere ein Speicher-/Förderelement, angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Plastifizier- oder Schmelzeinheit ein Extruder wie ein konventioneller Einschnuckenextruder, ein Nutbuchsenextruder, ein Entgasungsextruder, ein Doppelschnuckenextruder mit oder ohne nachgeschalteter Schmelzpumpe, ein Mehrschnuckenextruder oder ein Knetter ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch ge-

kennzeichnet, daß das Speicher-/Förderelement ein konstantes Fassungsvermögen aufweist, wobei die Förderung vorzugsweise über eine in einem Zylinder integrierte Schnecke oder über eine Schmelzpumpe erfolgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicher-/Förderelement ein an das zu speichernde Volumen anpaßbares Fassungsvermögen hat.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicher-/Förderelement eine elastische Membrane aufweist, die sich in Folge des Druckanstiegs dehnt und die durch eine äußere Kraft in der Übergabephase zurückgestellt wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicher-/Förderelement ein elastischer Schlauch ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicher-/Förderelement ein Zylinder mit integriertem Kolben ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicher-/Förderelement seitlich von unten oder seitlich von oben befüllbar ist, wobei vorzugsweise im Zylinder oder auf dem Kolben ein Plastifiziertgut- oder Schmelzeverteilsystem zum Sicherstellen eines guten Spülens des Kolbens integriert ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Speicher-/Förderelement ein Zylinder mit wenigstens zwei unterschiedlichen Querschnitten und einem Ringkolben mit einer entsprechenden Anzahl unterschiedlicher Querschnitte ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß im jeweiligen Speicherelement bewegte Teile vorgesehen sind, die, insbesondere einen eigenen Antrieb wie einen elektrischen Direktantrieb, bei Kolben auch einen Linearantrieb, einen elektromechanischen, pneumatischen, hydraulischen und elektromagnetischen Antrieb, aufweisen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb für das Speicherelement mit dem Antrieb für die Austrageeinheit gekoppelt ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb für das Speicherelement mit dem Antrieb für die Plastifizier- oder Schmelzeinheit gekoppelt ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb des Speicher-/Förderelementes mittels eines Energiespeicherelementes wie einer Feder erfolgt.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß dem Speicher-/Förderelement ein Fließwiderstand zur Druckentkopplung zugeordnet, insbesondere in dieses integriert ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Plastifizier- oder Schmelzeinheit und dem Speicher-/Förderelement ein Schmelzfilter vorgesehen ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Plastifizier- oder Schmelzeinheit und der Austrageeinheit ein statischer Mischer vorgesehen ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrageeinheit einen Spritzkolben insbesondere mit einem Linearmotor, eine Zahnstange oder einem Seilzugsystem als Antrieb aufweist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Spritzkolbens klein

gener Antrieb vorgesehen, oder der Antrieb für den Extruder über eine Welle, eine entsprechende Übersetzung und ein Kupplungssystem bzw. Fliehkraftsystem eingebunden werden. Die Bauweise kann rotierende und statische Mischelemente beinhalten.

Das System, mit einem an die vorhandene Schmelzmenge angepaßten Volumen, kann auf verschiedene Weise realisiert werden. Eine Möglichkeit besteht darin, daß sich das Volumen beim Speichern aufgrund seiner Elastizität und den Druckanstieg infolge der Zunahme der zu speichernden Schmelzmenge vergrößert. In der Übergabephase an die Einspritzeinheit wird durch Aufbringen einer Flächenkraft von außen das Volumen des Speicher/Förderbausteins wieder verkleinert. Der Baustein kann als Blasenspeicher ausgeführt werden. Die Funktionsweise basiert auf einer Membran, die in einem Behälter gedehnt und ausgelenkt und anschließend durch Druck oder eine mechanische Krafteinleitung in die Anfangslage zurückbewegt wird. Bei dieser Bauform sind besondere Maßnahmen zur Spülung der Membran vorzusehen. Der Speicher/Förderbaustein kann auch als dehnbarer Schlauch ausgebildet sein, der die Plastifiziereinheit und die Einspritzeinheit verbindet, so daß insgesamt sehr kurze Fließwege vorliegen. Nachdem der Schlauch sich beim Füllen ausgedehnt hat, wird dieser durch eine Quetschvorrichtung soweit zusammengedrückt, daß das Material in die Einspritzeinheit fließt und weitere Schmelze direkt vom Extruder in die Einspritzeinheit gefördert werden kann. Bei dieser Ausführung ist eine sehr gute Spülung und eine sehr kurze Verweilzeit zu erreichen.

Bei einer weiteren Ausführungsform wird in einem Zylinder ein Kolben bzw. Ringkolben entsprechend der Aufgabe verfahren. Der Zylinder kann dabei in einem Winkel zwischen 0° und 90° zur Strömungsrichtung angeordnet sein (siehe Fig. 3).

Im ersten Fall wird ein Zylinder mit Kolben in einem Winkel zum Extruder integriert oder angeflanscht. Wird der Kolben nahe am Zylinderfuß mit Schmelze gespeist, wird der Kolben von der Schmelze nach oben gedrückt. Um eine möglichst enge Verweilzeit und gute Spülung zu erreichen, sollte jedoch die Schmelze seitlich oben zugeführt werden. Im Zylinder soll ein Schmelzeverteiler vorgesehen werden, so daß die Schmelze gleichmäßig um den Kolben nach unten fließt. Der Kolben bewegt sich infolge des Schmelzedrucks nach oben, jedoch nicht über die Zuspiesung und Verteilung hinweg, da sonst keine vernünftige Spülung des Kolbens erreicht wird. Dadurch ist zudem sichergestellt, daß das zuerst plastifizierte Material zuerst an den Austragsbaustein weitergegeben wird. Es gilt somit das sogenannte fifo (first in first out) Prinzip für diesen Baustein. Desweiteren ist die Verweilzeit im System sehr gut zu kontrollieren. Bei der Übergabe fährt der Kolben nach unten und wird dort gehalten, während weitere vom Extruder erzeugte Schmelze anschließend am Kolben entlang direkt in den Austragsbaustein fließt.

Eine weitere Ausführung die hinsichtlich Baugröße, Verweilzeitverhalten und Spülverhalten sehr gute Eigenschaften aufweist, basiert auf den Einsatz eines Ringkolbens der auch direkt in Extrusionsrichtung angeordnet sein kann (siehe Fig. 4,5). Es gilt auch hier das fifo Prinzip für diesen Baustein. Ein solches System kann ebenfalls angeflanscht (siehe Fig. 4) oder in den Schneckenzyylinder integriert (siehe Fig. 5) werden. Im ersten Fall erhält man zusätzliche Freiheitsgrade für die Dimensionierung des Speichers. Große Speichervolumina können durch ein großes Verhältnis der Ringkolbenquerschnitte bei dann kleinem Hub, oder mit verhältnismäßig kleinen Verhältnissen der Ringkolbenquerschnitte bei einem größeren Hub realisiert werden. Bei einem derartigen System wird beim Speichern infolge des

durch die Schmelzmenge aufgebauten Drucks, der Speicher verschoben. Dazu ist es, ebenso wie bei den anderen Ausführungen, nötig einen Verschuß zum Austragsbaustein vorzusehen. Soll die Schmelze in den Austragsbaustein gefördert werden, wird der Verschuß zwischen dem Speicher/Förderbaustein und dem Austragsbaustein geöffnet. Die Schmelze kann nun in den Austragsbaustein fließen. Um günstige Übergabezeiten und verhältnismäßig kleine Drücke im Speicher/Förderbaustein zu erzielen, soll der Übergabekanal möglichst kurz und mit großem Fließkanalquerschnitt gestaltet sein. Bei der Übergabe in den Einspritzzylinder wird der Verschuß oder das Rückschlagventil geöffnet. Infolge des Hinzuschaltens des Speicherantriebs oder der gespeicherten Energie in der Feder wird der Ringkolben nun zurückbewegt und verdrängt die Schmelze in den Austragsbaustein. Gleichzeitig und danach wird, die vom Extruder neu erzeugte Schmelze direkt durch den Ringkolben in den Austragsbaustein geleitet, so daß sich durch Addition beider Effekte sehr kurze Übergabezeiten realisieren lassen.

Der jeweilige Kolben bzw. Ringkolben kann über einen eigenen Antrieb verfügen. Je nach Randbedingungen können elektrische Direktantriebe (Linearmotoren), elektromechanische, pneumatische oder hydraulische Antriebe eingesetzt werden. Besonders günstig ist der Einsatz eines vorgespannten Federsystems, das beim Speichern der Schmelze weiter gespannt wird und beim Öffnen des Verschußsystems seine Energie wieder abgibt. Darüber hinaus kann die translatorische Bewegung des Speicherkolbens auch mechanisch mit der Rückbewegung des Einspritzkolbens gekoppelt werden.

Die Auslegung des Fassungsvermögens und der Antrieb des Speicher/Förderbausteins muß sicherstellen, daß infolge der Übergabezeit keine Zykluszeitverlängerung auftritt. Die verschiedenen Ausführungsbeispiele des Speicher/Förderbausteins sind Fig. 6 zu entnehmen. Im ungünstigsten Fall stehen nur die Werkzeugzeiten zur Verfügung. Zusätzlich sollte das maximale Zwischenspeichervolumen die Kompensation von Prozeßschwankungen ermöglichen, d. h. es sollte eine gewisse Puffermenge aufgenommen werden können, die dann über eine geringere einzustellende Extruderdrehzahl abgebaut wird.

Um möglichst konstante Bedingungen beim Plastifizieren zu erreichen, sollte der Gegendruck im Extruder, der die Druckströmung prägt und somit maßgeblich Misch- und Austauschvorgänge beeinflusst in einem bestimmten steuerbaren Bereich liegen. Dazu gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Es kann einerseits die Gegenkraft, die über die Schnecke bzw. die Pumpe oder dem Speicherkolben in das System eingebracht wird, abhängig vom Füllvolumen verändert werden. Im Falle der Schnecke oder der Pumpe können diese mit einem entsprechend angepaßten Drehzahlprofil betrieben werden, während die Rückzugbewegung des Kolbens durch eine entsprechend veränderbare Gegenkraft variiert wird. Wird der Speicherkolben durch eine Feder angetrieben, so ist die Auslegung dadurch begünstigt, daß mit steigenden Schmelzemengen und infolgedessen steigenden Kompressibilitäten die Federkraft zunimmt. Darüber hinaus ist die Vorspannkraft so zu wählen, daß möglichst konstante Bedingungen vorherrschen.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, den Plastifizierbaustein durch einen anpaßbaren Druckverbraucher (Drossel) vom Speicher/Förderbaustein zu entkoppeln. Die Kombination beider Möglichkeiten ist einsetzbar.

Der dritte Baustein ist der Spritzkolben (siehe Fig. 1-5, Nr.: 3), der die Schmelze in das Werkzeug drückt. Die bauliche Trennung der Vorgänge des Plastifizierens, des Zwischenspeicherns und des Austragens in ein Werkzeug kann

kannnen Trennung der Plastifizierung und dem Einspritzen. Sie stellt also genau wie eine Kolben- und Schneckenvorplastifizierung ein Mehrstufensystem dar. Eine vollständige Entkopplung beider Prozesse gelingt aber erst durch einen zwischengeschalteten Speicher/Förderbaustein. Dieser Baustein hat die Aufgabe, die erzeugte Schmelze solange zwischenzuspeichern, bis der Einspritzzylinder, die Vorgänge Einspritzen und Nachdrücken beendet hat. Anschließend soll der Speicher/Förderbaustein das Material schonend und schnell übergeben. Die dazu zur Verfügung stehende Zeit richtet sich nach der Kühlzeit und den Werkzeugzeiten. Weiteres extrudiertes Material wird in der Zeit über den Speicher/Förderbaustein direkt von der Plastifiziereinheit in den Einspritzzylinder gefördert, so daß die Plastifiziereinheit kontinuierlich betrieben werden kann und die Übergabe unterstützt.

Um unvermeidbare Schwankungen bei den Prozeßzeiten zu kompensieren, soll der Speicher/Förderbaustein so bemessen sein, daß er in der Lage ist mehr Material zu speichern als vom Zyklusablauf theoretisch für den kontinuierlichen Extrusionsbetrieb gefordert wird.

Eine Kompensation dieser Schwankungen ist möglich, indem die Extruderdrehzahl nach jeweiligen Regelkriterien nur in kleinen Schritten, dafür über einen längeren Zeitraum, angepaßt wird. Dadurch können starke Beschleunigungs- und Bremsvorgänge zugunsten einer hohen Prozeßqualität vermieden werden.

Wichtig ist es, bei den Lösungen darauf zu achten, daß bei den Füllvorgängen in und aus dem Speicher/Förderbaustein keine störende Rückwirkungen auf den Plastifizierprozeß auftreten.

Dies wird bei den unterschiedlichen Ausführungen generell dadurch erreicht, daß Druckschwankungen infolge der Übergabemechanismen in engen Grenzen gehalten werden.

Die Lösung ermöglicht so im Vergleich zu den bekannten Lösungen gleichzeitig ein kontinuierliches Plastifizieren mit hoher Plastifizierleistung und optimaler Schmelzequalität durch Vermeidung einer axial verfahrenen Schnecke und somit die Übertragung des gesamten Extrusionswissens.

Vorteile der Erfindung

Der größte Vorteil dieser Erfindung ist darin zu sehen, daß die gesamte Zykluszeit für das Plastifizieren zur Verfügung steht. Dies kann einerseits dazu genutzt werden hohe geforderte Schmelzemengen zu erzeugen und trotzdem das Material dabei schonend zu behandeln. Die Plastifiziereinheit kann aufgrund der längeren Zeit, die für das Plastifizieren zur Verfügung steht, kleiner dimensioniert und somit günstiger hergestellt werden.

Dadurch, daß die Schnecke nicht axial nach hinten verfährt, bleibt die wirksame Schneckenlänge konstant, so daß eine thermisch und mechanisch gleichbleibende Schmelzequalität auf hohem Niveau erzeugt wird.

Ein Qualitätsvorteil ergibt sich auch daraus, daß starke Beschleunigungen und Bremsvorgänge beim Plastifizieren vermieden werden können, dies wirkt sich zudem positiv auf den Energieverbrauch aus.

Da die Plastifiziereinheit vollständig von der Einspritzereinheit entkoppelt ist, können alle Extrusionstechniken und das vorhandene Wissen weitreichend eingebunden werden.

Beispielsweise läßt sich so sehr einfach eine Schmelzefiltration hinter dem Extruder integrieren, während dies heute ein großes Problem darstellt, da eine Filtration zwischen Werkzeug und der Einspritzereinheit große Spüldrücke im Filter zur Folge hat, die sehr kleine Standzeiten bewirken. Darüber hinaus wirkt der Filter als Druckverbraucher und kann eine vollständige Formteillfüllung aufgrund fehlender Ein-

spritzleistung erschweren.

Ein weiterer Vorteil, der auch für andere Schneckenvorplastifizierungen Gültigkeit besitzt, ist darin zu sehen, daß eine getrennte Optimierung von der Plastifizier- und der Einspritzereinheit möglich ist. Die Extrusionseinheit kann optimal den Material und Betriebspunkten angepaßt werden. Der Kolben kann über seinen Querschnitt den Anforderungen des Formfüllvorgangs angepaßt sein. Für dickwandigere Formteile mit relativen kleinen Fülldrücken lassen sich große Querschnitte einsetzen und bei Produkten mit großen Fließwiderständen und somit sehr hohen erforderlichen Fülldrücken werden kleine Querschnitte verwendet. Bei einem großen Schußvolumen kann bedingt durch den Wegfall der Lufteinzugsproblematik der Hub deutlich angehoben werden. Das Einspritzsystem kann aber auch auf einzusetzende Antriebe angepaßt werden. Eine Querschnittsverringern des Einspritzkolbens führt zu einer Reduktion der erforderlichen Antriebskräfte bzw. Drehmomente. Dieser Aspekt kommt dem Einsatz elektromechanischer Systeme sehr zu Gute.

Zusätzlich bietet jedoch der Speicher/Förderbaustein die Möglichkeit, weitere Funktionen zu integrieren. Er bietet Raum zur Zugabe und Vermischung von Zuschlagstoffen und zur Entfeuchtung sowie zur Einbindung von Kontrollmechanismen bspw. zur Beurteilung der Schmelzequalität. Es ist also eine sehr große Modularität und Anpassungsfähigkeit gegeben, so daß mit diesem Konzept durch recht einfache und eindeutige Anpassungen verschiedene Anforderungen optimal erfüllt werden können.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Entscheidend bei einem derartigen System für Hochleistungsanwendungen ist das Zusammenwirken der mindestens drei Bausteine. Die erste Stufe des Systems besteht also aus einer Plastifiziereinheit, die genauso aufgebaut ist wie in der kontinuierlichen Extrusionstechnik (siehe Fig. 1-5, Nr.: 1). Es kann sich um einen konventionellen Einschneckenextruder, um einen Nutbuchsenextruder, um einen Entgasungsextruder, um einen Doppelschneckenextruder evtl. mit nachgeschalteter Schmelzepumpe, um ein Mehrschneckenextrudersystem, um einen Knetter usw. handeln.

Da die erzeugte Schmelze nicht kontinuierlich in das Werkzeug eingebracht wird, muß die Schmelze zwischengespeichert werden. Dies erfolgt im zweiten Baustein, dem sogenannten Speicher/Förderbaustein (siehe Fig. 1-5, Nr.: 2). Der Speichervorgang darf bei den Hochleistungsanwendungen aber weder die Plastifizierung, also den Extrusionsbaustein, noch den Einspritzvorgang, also den Austragsbaustein, negativ beeinflussen.

Der Speicher/Förderbaustein kann geprägt sein durch ein konstantes oder ein an die plastifizierte Schmelzemenge angepaßtes Volumen. Neben dem Speichern muß der Baustein eine schnelle und materialschonende Fördereinrichtung aufweisen, die innerhalb kurzer Zeit die gespeicherte Schmelze in den dritten Baustein, den Austragsbaustein, einbringen kann.

Bei einer Bauweise mit einem konstanten Speichervolumen kann die Speicherung- und Förderung mittels einer in der Geometrie für diese Aufgabe angepaßten Förderschnecke (siehe Fig. 1) oder in einer Schmelzepumpe (siehe Fig. 2) bspw. in einer Zahnradpumpe erfolgen. Die Drehzahl der Schnecke bzw. Pumpe kann dabei je nach Aufgabe unabhängig verstellt werden. Bei der Speicherfüllung kann das Element auch still stehen. Bei der Förderung in den Austragsbaustein kann, um kurze Übergabezeiten zu erreichen, eine sehr hohe Drehzahl gewählt werden. Zur Erzeugung der Rotationsbewegung des Speicherelements kann ein ei-

Hauptbetts und der Feststoffinseln, mitgeschleppt und nur im günstigsten Fall durch das Feststoffbett zum Trichter abgedrückt. Wenn die Luft nicht mehr entweichen kann, führt dies zu erheblichen Problemen während des Einspritzvorgangs.

Verbrennungen und nicht tolerierbare Produktqualitäten sind das Resultat, wie verschiedene Untersuchungen belegen.

Es zeigt sich also, daß die Verknüpfung verschiedener Aufgaben zwar zu einer relativ einfachen Maschinenteknik geführt hat, die aber für die gestiegenen Anforderungen kaum ausreichendes Potential zur Optimierung des Systems bereithält. Dies gilt insbesondere deshalb, da die möglichen Maßnahmen zur Erfüllung der einzelnen Anforderungen bei diesem System stets mehrere Auswirkungen auf verschiedene Anforderungen haben, die oft entgegengerichtet sind. Es muß bei diesem System somit versucht werden, einen Zielgrößenkonflikt zu lösen.

Bei den sogenannten Kolben- und Schneckenvorplastifizierungen wurde der Plastifizierprozeß vom Einspritzprozeß getrennt. In einem Kolben wird der Kunststoff durch Wärmeleitung oder in einer Schnecke durch Wärmeleitung und Dissipation aufgeschmolzen und an einen Einspritzkolben weitergegeben. Der Einspritzkolben spritzt das Material dann in die Kavität. Dies hat mehr Freiheitsgrad für die Optimierung zur Folge.

Dies ist auch der Grund dafür, daß in der Vergangenheit zahlreiche Vorrichtungen mit jeweiligen Vor- und Nachteilen entwickelt wurden. Bei den sogenannten Kolbenvorplastifizierungen stand im Vordergrund der Überlegungen, wie der Kunststoff möglichst effektiv aufgeschmolzen werden kann, da bei einer Kolbenplastifiziereinheit fast nur die Wärmeleitung den Aufschmelzprozeß bewirkt. Eine kontinuierliche Arbeitsweise und die damit zu lösenden Aufgaben schließt dieses Prinzip grundsätzlich aus.

Kolbenplastifizierungen selbst findet man heute nur noch bei Kleinstmaschinen mit einem Kolbendurchmesser bis etwa 20 mm [2].

Die Einführung der Schnecke zum Plastifizieren führte zu weiteren Lösungen, die auf dem Prinzip der Trennung der Vorgänge Plastifizieren und Einspritzen basieren. Die zahlreichen Entwicklungen sind in [2, 6, 7, 8, 9, 10, 11] beschrieben.

Bei den Schneckenvorplastifizierungen haben im wesentlichen zwei Systeme eine breitere Marktakzeptanz erlangt und bis heute behalten. In dem einen System, der Battenfeld GmbH, wird das Material durch eine rotierende nicht axial verfahrenende Schnecke aufgeschmolzen und direkt in einen Spritzzylinder mit Kolben gefördert. Ist genügend Schmelze im Spritzzylinder für das Formteil vorhanden, wird über einen externen Verschluß oder über ein Rückschlagventil der Plastifizierzylinder vom Einspritzzylinder getrennt. Die Schnecke wird angehalten und der Einspritzzylinder drückt das Material in die Kavität. In der Einspritz- und Nachdruckphase kann kein weiterer Kunststoff durch die Schnecke aufgeschmolzen werden.

Die Steigerung der Plastifizierleistung kann demzufolge nur infolge der getrennt möglichen Optimierung der beiden Stufen gelingen. Da die Schnecke nicht axial nach hinten verfährt und sich somit auch die wirksame Schneckenlänge nicht verkürzt, entsteht eine gleichmäßigere Schmelzequalität. Da jedoch die Schnecke in die Rotation beschleunigt und anschließend wieder abgebremst werden muß, ist hier mit Qualitätsverlusten hinsichtlich der Reproduziergenauigkeit zu rechnen. Hinzu kommt, daß bei dieser Lösung die Füllzeit des Einspritzzylinders direkt von der Plastifizierleistung abhängt und somit die Zykluszeit verlängern bzw. der hohe erforderliche Plastifizierstrom die Schmelze schädigen

kann.

Bei der zweiten prinzipiellen Lösung mit Schneckenvorplastifizierung rotiert die Schnecke während des Aufschmelzens und verfährt dabei axial nach hinten. Dieses System, der Husky Injection Molding Systems Ltd. [12], besteht somit aus einer konventionellen Spritzgießplastifiziereinheit mit einem nachgeschalteten Spritzkolben. Ist genügend Material aufgeschmolzen worden, fungiert die Schnecke als Kolben und fördert durch eine axiale Bewegung nach vorne die erzeugte Schmelze in den Spritzkolben. Es können demnach kurze Übergabezeiten der Schmelze in den Spritzkolben realisiert werden. Nach der Schmelzeübergabe kann die Plastifizierschnecke durch einen Verschluß von der Einspritzeinheit getrennt werden, so daß noch während der Werkzeugfüllung bereits wieder plastifiziert werden kann. Es existiert jedoch ein gravierender Nachteil, wenn diese Bauweise mit einem Extruder mit kontinuierlicher Fahrweise verglichen wird. Durch das Zurückfahren der Schnecke während des Aufschmelzens verkürzt sich stetig die wirksame Schneckenlänge mit entsprechend negativen Folgen für die Schmelzequalität, die prinzipiell ein ungewünschtes axiales Qualitätsprofil aufweist. Ebenso liegen Stillstandszeiten, und Beschleunigungen vor, die sich negativ auf den Prozeß auswirken.

Literatur

- [1] Bürkle E. Mahlke M.: Entwicklungen bei der Schmelzaufbereitung. Wirkungsfeld Spritzgießmaschine, VDI-Verlag 1995
- [2] Johannaber F.: Kunststoffmaschinenführer. München: Wien: Carl Hanser Verlag, 3. Ausgabe 1992
- [3] Elbe W.: Untersuchungen zum Plastifizerverhalten von Schneckenextrudern. RWTH Aachen, Dissertation 1973
- [4] Bayer AG: Verarbeitungsdaten für den Spritzgießer. Ausgabe 01/94
- [5] Johannaber F.: Dosierweg bei Spritzgießmaschinen. Kunststoffe 79 (1989) 1 S. 25-28
- [6] Beck H.: Spritzgießen. München: Carl Hanser Verlag, 2. erweiterte Auflage 1963
- [7] Munns M.G.: Pressen für die Kunststoffverarbeitung. Mainz; Krausskopf-Verlag, Band 2 1965
- [8] Laeis M.: Der Spritzguß thermoplastischer Massen. München; Carl Hanser Verlag, 2. neubearbeitete Auflage 1959
- [9] Mink W.: Grundzüge der Spritzgießtechnik. VDI-Verlag, 4. Auflage 1971
- [10] N.N.: Spritzgießtechnik. VDI-Verlag 1980
- [11] Sonntag R.: Entwicklung der Spritzgießtechnik, Kunststoffe 75 (1985)
- [12] Husky: Spritzgießmaschine mit Vorplastifizierung. Kunststoffe 76 (1986) 10 S. 882

Aufgabe der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, bei der in der gesamten Zykluszeit Kunststoff bei konstanten Randbedingungen aufgeschmolzen wird, der aber nur innerhalb einer gewissen Zeitdauer im Zyklus ausgetragen wird. Dabei soll der Kunststoff sehr schonend plastifiziert werden, um für alle Teile eine konstant gute Schmelzequalität zu erzielen.

Lösung der Aufgabe

Die hier vorgestellte neue Vorrichtung und das Verfahren für das Plastifizieren und das Einspritzen basiert auf der be-

Beschreibung

Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Das bevorzugte Anwendungsgebiet ist die Kunststoffverarbeitung, insbesondere das Spritzgießen von Kunststoffen, Kunststoffmischungen oder Metall-Kunststoffmischungen. Die Erfindung ist aber auch für andere Formmassen wie Metalllegierungen und andere Herstellverfahren wie Spritzpressen u. a. einsetzbar.

Stand der Technik, Nachteile des Stand der Technik

In der Kunststoffverarbeitung werden komplexe Erzeugnisse häufig im Spritzgießverfahren hergestellt. Dabei wird i. a. Kunststoffgranulat durch Dissipation und Wärmeleitung aufgeschmolzen und danach unter hohem Druck in eine Kavität eingespritzt. Der Gesamtzyklus zur Herstellung der Formteile ist geprägt durch einzelne Phasen mit speziellen Anforderungen. Die einzelnen Phasen laufen nacheinander ab und können sich teilweise zeitlich überschneiden. Der Arbeitsablauf stellt bezogen auf die Phasen und den Gesamtvorgang einen diskontinuierlichen Prozeß dar. Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist in hohem Maße durch die Zykluszeit bestimmt. Es sind verschiedene Vorrichtungen bekannt, mit denen dieser diskontinuierliche Prozeß betrieben wird. Die Vorrichtungen setzen sich aus einer Schließeinheit und einer Plastifiziereinheit zusammen. Die Schließeinheit hat die Aufgabe, daß Werkzeug mit der entsprechenden Kavität zu tragen, zu öffnen, zu schließen, zu zuhalten und das Formteil bei geöffnetem Werkzeug auszuwerfen. Die Plastifiziereinheit soll den Kunststoff aufschmelzen, homogenisieren und in das geschlossene Werkzeug einbringen. Durch verschiedene Entwicklungen sind die Anforderungen an die Spritzgießplastifiziereinheit deutlich gestiegen und lassen sich mit den herkömmlichen Lösungen nicht mehr zufriedenstellend erfüllen.

Die gestiegenen Anforderungen an die Spritzgießplastifiziereinheit gehen auf verschiedene Entwicklungen zurück. Leistungssteigerungen, erzielt durch reduzierte Zykluszeiten (20-40% sind keine Seltenheit), sind heute insbesondere aufgrund der verbesserten Werkzeug- und Maschinentechnik möglich. Andererseits führt der zunehmende Einsatz von Mehrfachwerkzeugen oder Etagenteknik zu größeren Schußgewichten bzw. Dosierolumina, häufig bei nahezu gleicher Kühlzeit. Die läßt sich zudem oft durch eine optimierte Werkzeugkühlung reduzieren. Eine Folge dieser Entwicklungen sind erhöhte Massedurchsätze, weshalb die Plastifizierströme deutlich angehoben werden müßten. Zugleich wird jedoch immer eine qualitativ hochwertige Schmelzequalität erwartet /1/.

Die am Markt bedeutungsvollste maschinentechnische Lösung für Spritzgießplastifiziereinheiten ist ein System, bei dem eine rotierende Schnecke die rieselförmigen Formmassen i. a. direkt aus dem Maschinentrichter aufnimmt und sie zur Schnecken Spitze fördert. Durch Dissipation und Wärmeleitung wird das Kunststoffgranulat aufgeschmolzen. Durch die Drehung der Schnecke erfolgt eine ständige Umlagerung des Kunststoffes, um eine weitgehend homogene Schmelze zu erzeugen. Die Schnecke baut durch den Fördervorgang einen Druck vor ihrer Spitze auf. Dieser schiebt die Schnecke rückwärts. /2/ Um eine bessere thermische und mechanische Homogenität der Schmelze zu erreichen, wird die Bewegung zurück durch eine entgegengesetzt gerichtete, aufgebrauchte Kraft erschwert, so daß sich in der Schmelze ein Staudruck aufbaut, der die Mischvorgänge in

den Schneckengängen verbessert, jedoch die Plastifizierleistung verringert. Sobald ein für ein zu fertigendes Teil genügender Vorrat an Schmelze im Raum zwischen Schnecken Spitze und Düse lagert, hält die Schneckenrotation an. Bei anliegender Düse und geschlossenem Werkzeug fährt die Schnecke vor und pumpt die Schmelze in den Werkzeughohlraum /2/. Zur Schwindungskompensation drückt die Schnecke nach dem Einspritzen, über einen oft längeren Zeitraum, weiteres Material in der Nachdruckphase in die Kavität.

Da der Trichter an der Plastifiziereinheit ortsfest angebracht ist, verkürzt sich beim Plastifizieren permanent die wirksame Schneckenlänge. Da der Aufschmelzprozeß wesentlich stärker von den Dissipationsvorgängen in den Schneckengängen als von der Wärmeleitung geprägt ist, verringert sich infolge der Abnahme der wirksamen Schneckenlänge deutlich die Plastifizierleistung in Abhängigkeit vom Dosierweg. Hinzu kommt, daß das zuerst plastifizierte Material mehr Schneckengänge durchläuft und gleichzeitig länger im Zylinder verweilt. Daraus resultiert eine unterschiedliche Schmelzequalität in axialer Richtung, die die Prozeß- und Produktqualität sehr negativ beeinflussen kann /3/.

Aufgrund der bereits erwähnten Reduktion der Plastifizierleistung infolge der sich verkürzenden wirksamen Schneckenlänge und des wirksamen Staudrucks gelingt es mit dieser Maschinentechnik bei bestimmten Formteilen nicht, die aus wirtschaftlichen Gründen notwendigen Schmelzemengen und -qualitäten innerhalb geforderter Zeiten bereitzustellen. Bei dünnwandigen Artikeln mit relativ großem Formteilmgewicht, wie bei Verpackungen, CD's, Gehäuseabdeckungen etc., bleibt der Schnecke, die bauartbedingt während der Einspritz- und Nachdruckzeit keinen Kunststoff plastifizieren kann, nur die bei diesen Anwendungen geringe Kühlzeit und die Zeit der Werkzeugbewegungen, falls ein Parallelbetrieb von der Antriebstechnik ermöglicht wird, um den Kunststoff aufzuschmelzen und zu homogenisieren. Um die notwendigen Plastifizierleistungen zu erreichen, muß entweder die Schneckendrehzahl deutlich angehoben oder die Schneckengeometrie entsprechend verändert werden. Beide Maßnahmen wirken sich aber zwangsläufig negativ auf die Schmelzequalität aus. Man beachte hierzu die empfohlenen maximalen Umfangsgeschwindigkeiten für bestimmte Kunststoffe /2, 4/. Ein weiterer Nachteil ist darin begründet, daß die Schnecke aus der Ruhelage stets in die Rotation beschleunigt und anschließend wieder abgebremst werden muß, dies hat nicht nur negative Auswirkungen auf den Energieverbrauch sowie auf die notwendige installierte Antriebsleistung, sondern führt auch hinsichtlich der Reproduzierbarkeit zu weiteren negativen Prozeßschwankungen.

Neben der Plastifizierleistung ist die Plastifizier- und Einspritzereinheit einer Spritzgießmaschine dadurch gekennzeichnet, wie groß die Schmelzemenge ist, die innerhalb eines Zyklus in die Werkzeugkavität gespritzt werden kann. Bei diesen Maschinensystemen sind 65% des installierten Hubvolumens als praktikabler Maximalwert anzusehen. Der genutzte Dosierweg (Verfahrweg der Schnecke beim Plastifizieren) sollte dabei $3D$ (D = Schneckendurchmesser) nicht überschreiten /5/. Größere Dosierwege sind, neben den bereits geschilderten Nachteilen hinsichtlich axialer Qualitätsunterschiede, nicht sinnvoll, da bei großen Wegen die Gefahr von Lufteinschlüssen besteht. Denn nach dem Einspritzen befinden sich im hinteren Schneckenabschnitt aufeinanderfolgende Feststoffinseln und luftgefüllte Leerstellen, die während des Plastifizierens nach vorne wandern /1, 4/. Die Lufteinschlüsse werden abhängig vom Staudruck, von der Reibung des Feststoffbetts sowie der Geschwindigkeit des



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Off nlegungsschrift**
⑩ **DE 197 15 229 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 29 C 47/36
B 29 C 47/54
B 29 C 45/54

⑦1 Aktenzeichen: 197 15 229.5
⑦2 Anmeldetag: 12. 4. 97
④3 Offenlegungstag: 15. 10. 98

DE 197 15 229 A 1

⑦1 Anmelder:
Wortberg, Johannes, 45481 Mülheim, DE;
Neumann, Michael, 45147 Essen, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 44 11 164 C1
DE 27 08 200 C2
DE-AS 11 42 229
FR 14 06 685
FR 11 40 316
US 51 82 066
US 45 10 104
US 24 58 068
EP 05 08 422 A1

In-line compounding system cuts molding costs,
lifts quality. In: Modern Plastics International,
Oct. 1993, S.109;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Kopplung kontinuierlicher Plastifizierung mit zyklischer diskontinuierlicher
Schmelzeaustragung

DE 197 15 229 A 1